

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ СЕПАРАТОРОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННОГО ЛОМА

*Кузьмина Н.С., Якушев Н.С., Казанцев Р.О., Коняев А.Ю.
УрФУ, konyaev@ustu.ru*

При переработке металлосодержащих отходов и при сортировке лома цветных металлов широкое применение могут находить электродинамические сепараторы с бегущим магнитным полем, работающие по принципу линейных асинхронных двигателей. Извлекаемые из смесей материалов немагнитные проводящие тела играют при этом роль вторичного элемента линейных двигателей. Одной из наиболее востребованных задач такого рода становится переработка электронного лома с целью извлечения и вторичного использования содержащихся в нем благородных и цветных металлов [1].

По заказу одного из предприятий, занимающихся переработкой лома и отходов радиоэлектронных и электротехнических изделий, на кафедре «Электротехника и электротехнологические системы» УрФУ выполняются исследования и разработки электродинамических сепараторов с бегущим магнитным полем. В исследовательской лаборатории кафедры созданы опытные установки сепарации, отличающиеся конструкцией индукторов, создающих магнитное поле, и способами подачи и отвода обрабатываемых материалов. Одна из таких установок схематично показана на рис. 1.

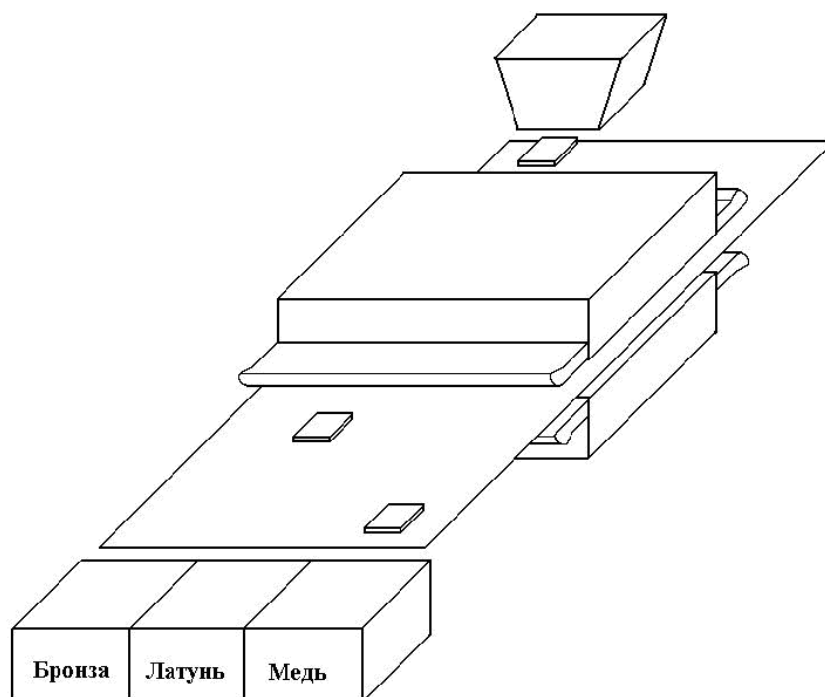


Рис. 1. Схема опытного электродинамического сепаратора для сортировки отходов цветных металлов

Бегущее магнитное поле создается двухсторонним линейным индуктором, питаемым трехфазным переменным током частотой 50 Гц. Разделяемые смеси материалов, предварительно отсортированные по крупности кусков, подаются в зону сепарации по наклонной плоскости. При взаимодействии с бегущим магнитным полем частицы немагнитных цветных металлов получают ускорение, направленное поперек линии подачи. Величина такого ускорения зависит от соотношения электропроводности металла и его удельного веса. Металлы и сплавы, отличающиеся по указанному показателю, собираются на выходе установки в разные приемники продуктов сепарации. Описанная установка целесообразна при крупности кусков металлических отходов 10-20 мм.

В задачу авторов, принимавших участие в исследованиях описанного сепаратора, входила экспериментальная оценка характеристик сепарации при испытаниях установки при обработке отходов электронного лома, предоставленных предприятием – заказчиком. Качество сепарации удобно оценивать традиционными для обогащительных технологий показателями: извлечение полезного продукта в концентрат (ϵ) и содержание его в концентрате (β).

В процессах сепарации на извлекаемые проводящие тела помимо электромагнитных сил действуют конкурирующие механические силы (гравитации, трения, динамического сопротивления среды и др.), величина которых зависит от многих случайных факторов. Кроме того, в случае малых размеров извлекаемых частиц величина действующих на них электромагнитных усилий отталкивания, боковых усилий и вращающих моментов становится соизмеримым с действием продольной силы – силы извлечения, что обуславливает сложный и неоднозначный характер движения предметов. Возрастает влияние на результат случайных факторов: форма предметов и их ориентация в поле, состав сепарируемой смеси, влажность и т.п. Все это снижает повторяемость результатов экспериментов.

По указанным причинам при экспериментальных исследованиях устройств электродинамической сепарации мелкой фракции отходов целесообразно использование таких технологических показателей качества, как «степень извлечения полезного продукта в концентрат» (доля частиц полезного продукта в концентрате от полезного продукта в исходной смеси) – ϵ_k и «содержание полезного продукта в концентрате» (доля частиц полезного продукта среди всех частиц в концентрате) – β_k . Технологические показатели удастся получить с помощью серии статистических экспериментов. Строгость их экспериментальной оценки обеспечивается применением статистических методов при математической обработке неоднократно проделанных опытов [2-3].

Указанные показатели определялись по результатам взвешивания проб исходного материала и выделенных фракций на электронных весах ВНЛ-500. В качестве математического ожидания определяемых показателей принималось их среднеарифметическое значение. Кроме того, рассчитывались дисперсия (D), среднеквадратическое отклонение (S) и доверительные границы относительной погрешности результата (Δ). Расчет таких показателей позволяет контролировать погрешность получаемых оценок, а также накапливать результаты экспериментов и уточнять математические ожидания показателей при обработ-

ке новых серий экспериментов. В частности, математическое ожидание оцениваемой величины в этом случае определяется по формуле

$$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^m \bar{X}_j \cdot k_j}{\sum_{j=1}^m k_j},$$

в которую результаты отдельных серий \bar{X}_j входят с весовыми коэффициентами k_j , обратно пропорциональными соответствующим дисперсиям D_j .

Авторами выполнены исследования описанной ранее установки для фракций электронного лома крупностью 10-20 мм. Проба исходного материала составляла 150 г. При этом в пробе содержалось 62 % алюминиевых сплавов и 34,7 % медных сплавов (по массе). Объемные доли соответственно составили 83,1 % и 14,0 %. Иных материалов (пластмассы, немагнитная сталь и др.) было около 3,0 %.

После серии экспериментов по электродинамической сепарации выбранной пробы электронного лома получены следующие результаты (приведены массовые доли):

- степень извлечения алюминиевых сплавов в концентрат – $\varepsilon_{Al} = 84,1\%$;
- содержание их в концентрате – $\beta_{Al} = 84,6\%$;
- степень извлечения медных сплавов (в хвостах) – $\varepsilon_{Cu} = 73,3\%$;
- содержание их в хвостах – $\beta_{Cu} = 66,1\%$.

После извлечения алюминия масса оставшихся материалов уменьшилась почти в 3 раза. При этом объемная доля медных сплавов в смеси, подвергаемой дальнейшей переработке, увеличилась с 14 % (в исходной смеси) до 39 %. Полученные результаты удовлетворяют техническим требованиям предприятия – заказчика и позволяют реализовать последующую эффективную энерго- и ресурсосберегающую переработку отдельных фракций. Лабораторная установка электродинамической сепарации может быть принята в качестве прототипа для разработки и создания промышленного сепаратора для обработки электронного лома крупностью 10-20 мм. Исследования процессов сепарации электронного лома продолжается с целью дальнейшего улучшения энергетических и технологических показателей.

Библиографический список

1. Цыпин Е.Ф. О переработке электронного лома и отходов // Известия вузов. Горный журнал. 1997. № 11-12. С. 233-239.
2. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. М.: Наука, 1971. 192 с.
3. Грановский В.А., Сирая Т.Н. Методы обработки экспериментальных данных при измерениях. Л.: Энергоатомиздат, 1990. 288 с.